



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 101 45 415.5

Anmeldetag: 14. September 2001

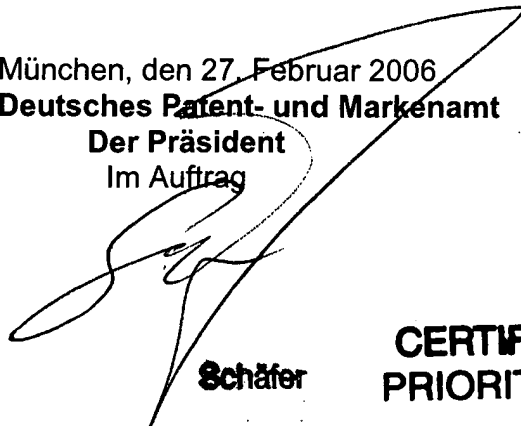
Anmelder/Inhaber: Aloys W o b b e n, 26607 Aurich/DE

Bezeichnung: Messwandler, insbesondere für einen Wechselrichter einer Windenergieanlage

IPC: G 01 R, G 05 F, H 02 M

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 27. Februar 2006
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag



Schäfer

**CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT**

Bremen

Patentanwälte
European Patent Attorneys
Dipl.-Ing. Günther Eisenführ
Dipl.-Ing. Dieter K. Speiser
Dr.-Ing. Werner W. Rabus
Dipl.-Ing. Jürgen Brügge
Dipl.-Ing. Jürgen Klinghardt
Dipl.-Ing. Klaus G. Göken
Jochen Ehlers
Dipl.-Ing. Mark Andres
Dipl.-Chem. Dr. Uwe Stilkenböhmer
Dipl.-Ing. Stephan Keck
Dipl.-Ing. Johannes M. B. Wasiljeff
Patentanwalt
Dr.-Ing. Stefan Sasse

Rechtsanwälte
Ulrich H. Sander
Christian Spintig
Harald A. Förster
Sabine Richter

Martinistrasse 24
D-28195 Bremen
Tel. +49-(0)421-36 35 0
Fax +49-(0)421-337 8788 (G3)
Fax +49-(0)421-328 8631 (G4)
mail@eisenfuhr.com
http://www.eisenfuhr.com

Hamburg

Patentanwalt
European Patent Attorney
Dipl.-Phys. Frank Meier

Rechtsanwalt
Rainer Böhm

München

Patentanwälte
European Patent Attorneys
Dipl.-Phys. Heinz Nöth
Dipl.-Wirt.-Ing. Rainer Fritzsche
Lbm.-Chem. Gabriele Leißler-Gerstl
Dipl.-Ing. Olaf Ungerer
Patentanwalt
Dipl.-Chem. Dr. Peter Schuler

Berlin

Patentanwälte
European Patent Attorneys
Dipl.-Ing. Henning Christiansen
Dipl.-Ing. Joachim von Oppen
Dipl.-Ing. Jutta Kaden
Dipl.-Ing. Mathias Karlhuber

Alicante

European Trademark Attorney
Dipl.-Ing. Jürgen Klinghardt

Bremen, den 14 September 2001

Unser Zeichen: W 2467 STK/sb
Durchwahl: 0421/36 35 694

Anmelder/Inhaber: Aloys Wobben
Amtsaktenzeichen: Neuanmeldung

Aloys Wobben
Dreerkamp 5, 26605 Aurich

Messwandler, insbesondere für einen Wechselrichter einer Windenergieanlage

Die Erfindung betrifft einen Messwandler zur Messung eines einen Leiter durchfließenden Stromes mit einem von einem Ringkern gebildeten Magnetkreis, mit einem von dem Ringkern umschlossenen, von dem zu messenden Strom durchflossenen Leiter, mit einer auf dem Ringkern angeordneten Sekundärwicklung und mit einem in einem Spalt des Ringkerns angeordneten, für das Magnetfeld im Spalt empfindlichen Magnetfeldmesselement. Die Erfindung betrifft weiter eine Steuerungseinheit zur Steuerung oder Regelung eines einen Leiter durchfließenden Stromes, einen Wechselrichter, insbesondere für eine Windenergieanlage, sowie eine Windenergieanlage mit einem solchen Wechselrichter.

Ein Messwandler der eingangs genannten Art ist aus der EP 0 194 225 bekannt. Bei diesem Messwandler speist das verstärkte Ausgangssignal eines Hall-Elements, das als Magnetflussmesselement dient, die Sekundärwicklung. Deren Wickelsinn ist so gewählt, dass das entstehende Mag-

netfeld dem den stromdurchflossenen Leiter umgebenden Magnetfeld entgegengerichtet ist. Die Sekundärwicklung wird dabei von dem Verstärker derart gespeist, dass er das von dem Leiter hervorgerufene Magnetfeld zu Null zu machen sucht. Als Maß für den in dem Leiter fließenden Strom wird der Strom durch die Sekundärwicklung herangezogen, d.h., das Ausgangssignal der Sekundärwicklung gibt den Absolutwert des momentanen Stromflusses an.

Ein weiterer Messwandler der eingangs genannten Art ist aus elektronik industrie 8-2001, Seiten 49 und 51 bekannt. Auch bei diesem Messwandler ist wiederum eine Spule um den Ringkern herum gewickelt, in welche der durch den Leiter fließende Strom wiederum einen Strom induziert. Dieser induzierte Strom wird mit einer eventuellen, von dem Hall-Element erfassten Abweichung überlagert und gibt somit wiederum einen Absolutwert als Maß für den in dem Leiter fließenden Strom an. Auch bei diesem Messwandler muss allerdings wieder die Sekundärwicklung von dem Hauptanteil des induzierten Stromes durchflossen werden. Die Kombination aus Hall-Element und Verstärker erfasst jeweils den Anteil des in dem Leiter fließenden Stromes, den die Sekundärwicklung auf dem Ringkern nicht erfassen kann.

Bei den bekannten Messwandlern kann das Ausgangssignal jeweils auf beliebige Weise weiter verarbeitet werden, da es den Absolutwert des momentanen Stromflusses durch den Leiter angibt. Über einen nachgeschalteten Komparator kann dieser Wert z.B. mit einem Sollwert verglichen werden, um daraus Steuerungssignale z.B. für einen Wechselrichter, abzuleiten, dessen Strom über den genannten Leiter abgegeben wird. Da dieser Strom ohne weiteres einige hundert Ampere – Spitzen-Momentanwerte erreichen durchaus ca. 750 Ampere – betragen kann, muss mit der Sekundärwicklung eine entsprechend hohe Amperewindungszahl erreicht werden. Je geringer dabei der durch die Sekundärwicklung fließende Strom sein soll, desto höher muss entsprechend die Windungszahl sein.
Darin liegt jedoch auch der wesentliche Nachteil der bekannten Lösungen. Eine Induktivität bildet stets auch eine Zeitkonstante und begrenzt damit die Möglichkeiten, Schwankungen des in dem Leiter fließenden Stromes schnell zu folgen. Erschwerend kommt außerdem hinzu, dass die Induktivi-

tät der Sekundärwicklung selbst durch ihr typisch induktives Verhalten schnelle Signaländerungen unmöglich macht.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, einen hinsichtlich der genannten Nachteile verbesserten Messwandler anzugeben, mit dem insbesondere auch hochfrequente Abweichungen von einem Sollwert sicher erfasst werden können und der sich insbesondere bei einem Wechselrichter für eine Windenergieanlage einsetzen lässt.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass eine Sollvorgabeeinheit vorgesehen ist zur Beaufschlagung der Sekundärwicklung mit einem Sollstrom.

Anders als bei den bekannten Lösungen ist die Sekundärwicklung nicht mit dem Ausgang des Magnetflussmesselements oder einem daran angeschlossenen Verstärker verbunden. Stattdessen ist ein Ende der Sekundärwicklung an Masse angeschlossen, während an dem anderen Ende ein Sollstrom eingespeist wird. Der Ausgang des Magnetflussmesselements bzw. eines in einer bevorzugten Ausgestaltung daran angeschlossenen Verstärkers steht erfindungsgemäß als Signalausgang zur Verfügung. Im Idealfall entspricht der in dem Leiter fließende Strom dem in die Sekundärwicklung eingespeisten Sollstrom, so dass der resultierende magnetische Fluss in dem Ringkern und das Signal am Ausgang des Magnetflussmesselements null sind.

Wenn der Strom in dem Leiter von dem Sollwert abweicht, ergeben sich ein resultierender magnetischer Fluss in dem Ringkern und ein entsprechendes Signal am Ausgang des Magnetflussmesselements. Dieses Signal ist ein Maß für die Abweichung des Stromes in dem Leiter von dem die Sekundärwicklung durchfließenden Sollwert des Stromes. Da in dem Ausgangszweig zwischen Magnetflussmesselement und Signalausgang keine Induktivität vorhanden ist, können auch hochfrequente Abweichungen vom Sollwert des Stromes sicher erfasst, gegebenenfalls verstärkt und am Ausgang bereitgestellt werden. Dementsprechend können auch schnell entsprechende Steuerungs- bzw. Regelungssignale für einen Wechselrichter, beispielsweise einer Windenergieanlage, aus dem Ausgangssignal abgelei-

tet werden, um den Istwert dem Sollwert des Stromes schnellst- und bestmöglich anzunähern.

Vorteilhafte Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Messwandlers ergeben sich aus den Unteransprüchen. Bevorzugt wird als Magnetflussmesselement ein Hall-Element eingesetzt. Außerdem wird das Ausgangssignal des Magnetflussmesselements vorzugsweise von einem Verstärker verstärkt, bevor es am Signalausgang zur Verfügung gestellt wird.

Um den Absolutwert des in dem Leiter fließenden Stromes zu erhalten, kann der Sollstrom mit dem Ausgangssignal des Magnetflussmesselementes bzw. des nachgeschalteten Verstärkers überlagert werden, was bevorzugt in einer dem Signalausgang nachgeschalteten Stufe erfolgt.

Die Erfindung betrifft auch eine Steuerungseinheit gemäß Anspruch 6 zur Steuerung oder Regelung eines einen Leiter durchfließenden Stromes mit einem erfindungsgemäßen Messwandler zur Messung des den Leiter durchfließenden Stromes. Bevorzugt wird der erfindungsgemäße Messwandler bei einem Wechselrichter für eine Windenergieanlage zur Messung des Ausgangsstromes des Wechselrichters eingesetzt. Demgemäß betrifft die Erfindung auch eine Windenergieanlage gemäß Anspruch 8.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand der Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Figur 1 eine schematische Darstellung eines bekannten Messwandlers und

Figur 2 eine schematische Darstellung eines erfindungsgemäßen Messwandlers.

In Figur 1 ist das bei dem aus der EP 0 194 225 bekannten Messwandler verwendete Prinzip vereinfacht dargestellt. Bei diesem Messwandler ist zunächst ein Ringkern 10 aus ferromagnetischem Material vorgesehen, durch den ein von dem zu messenden Strom durchflossener Leiter 16 verläuft. In dem Luftspalt 11 des Ringkerns 10 ist ein Hall-Element 12 angeordnet. Das durch den Stromfluss um den Leiter 16 herum ausgebildete Magnetfeld führt zu einem magnetischen Fluss in dem Ringkern 10 und damit auch durch das Hall-Element 12. Das Ausgangssignal des Hall-

Elements 12 wird einem Verstärker 14 zugeführt, dessen Ausgang an eine Sekundärwicklung 18 angeschlossen ist, die um den Ringkern 10 herum gewickelt ist.

Wird die Sekundärwicklung 18 nun von einem Strom durchflossen, bildet diese ebenfalls ein Magnetfeld aus. Dabei ist der Wickelsinn der Sekundärwicklung 18 so gewählt, dass das entsprechende Magnetfeld dem den Leiter 16 umschließenden Magnetfeld entgegengerichtet ist. Daraus ergibt sich, dass sich beide Magnetfelder aufheben, dass also in dem Ringkern 10 kein magnetischer Fluss mehr auftritt und folglich das Hall-Element 12 kein Signal mehr erzeugt, wenn beide Magnetfelder gleich groß sind. Da die Sekundärwicklung 18 bekannt ist, ist der hindurchfließende Strom ein Maß für das von dem Leiter 16 erzeugte Magnetfeld und damit ein Maß für den in dem Leiter 16 fließenden Strom. Somit kann an dem Ausgang 20 der Sekundärwicklung 18 ein Signal erfasst werden, das ein Maß für den in dem Leiter 16 fließenden Strom ist.

Dieses Ausgangssignal am Ausgang 20 kann auf beliebige Weise weiterverarbeitet werden, da es den Absolutwert des momentanen Stromflusses angibt. Über einen (nicht gezeigten) nachgeschalteten Komparator kann dieser Wert z.B. mit einem Sollwert verglichen werden, um daraus beispielsweise Steuerungssignale für einen Wechselrichter abzuleiten, dessen Strom über den Leiter 16 abgegeben wird.

Da ein solcher Strom ohne weiteres einige hundert Ampere betragen kann, muss mit der Sekundärwicklung 18 eine entsprechend hohe Amperewindungszahl erreicht werden. Je geringer dabei der durch die Sekundärwicklung 18 fließende Strom sein soll, desto höher muss entsprechend die Windungszahl sein. Darin liegt auch der wesentliche Nachteil dieser Lösung, denn eine Induktivität bildet stets auch eine Zeitkonstante und begrenzt damit die Möglichkeiten, hochfrequenten Schwankungen des in dem Leiter 16 fließenden Stromes schnell zu folgen. Erschwerend kommt außerdem hinzu, dass die Induktivität der Sekundärwicklung 18 selbst durch ihr typisch induktives Verhalten schnelle Signaländerungen unmöglich macht.

Eine Ausgestaltung eines erfindungsgemäßen Messwandlers ist schematisch in Figur 2 dargestellt. Dieser weist erneut einen Ringkern 10 aus einem ferromagnetischem Material mit einem Luftspalt 11, in dem ein Magnetflussmesselement 12, beispielsweise wiederum ein Hall-Element, angeordnet ist auf. Dem Hall-Element 12 ist ein Verstärker 14 nachgeschaltet zur Verstärkung des elektrischen Ausgangssignals des Hall-Elements 12. Wie bei dem bekannten Messwandler verläuft ein Leiter 16 durch den Ringkern 10, der von dem zu messenden Strom durchflossen wird.

Abweichend von dem bekannten Messwandler ist die Sekundärwicklung 18 nicht mit dem Ausgang des Verstärkers 14 verbunden. Stattdessen weist die Sekundärwicklung 18 einen Eingangsanschluss 22 auf und ist mit ihrem anderen Ende an Masse angeschlossen. Der Ausgang des Verstärkers 14 steht als Signalausgang 24 zur Verfügung.

Während also bei dem bekannten Messwandler die Sekundärwicklung 18 stets mit einem Strom beaufschlagt wird, der das Magnetfeld des Leiters 16 zu kompensieren sucht und somit ein Maß für den in dem Leiter 16 fließenden Strom bildet, wird die Sekundärwicklung 18 erfindungsgemäß mit einem vorgegebenen Sollstrom beaufschlagt. Dieser wird von einer Sollvorgabeeinheit 26 an den Eingangsanschluss 22 angelegt. Im Idealfall entspricht der in dem Leiter 16 fließende Strom diesem Sollstrom, so dass der resultierende magnetische Fluss in dem Ringkern 10 gleich null ist, das Signal des Hall-Elements 12 null ist und sich somit auch am Ausgang 24 kein Signal ergibt.

Wenn der Strom in dem Leiter 16 von dem Sollwert abweicht, ergibt sich ein resultierender magnetischer Fluss in dem Ringkern 10 und ein entsprechendes Signal des Hall-Elementes 12, das über den Verstärker 14 verstärkt zum Ausgang 24 geführt ist. Dieses Ausgangssignal ist ein Maß für die Abweichung des Stromes in dem Leiter 16 von dem die Sekundärwicklung 18 durchfließenden Sollwert des Stromes.

Bei der Anwendung des erfindungsgemäßen Messwandlers zur Messung des Ausgangsstromes eines Wechselrichters, also des den Leiter 16 durchfließenden Stromes, hat der Sollstrom eine Frequenz von 50 Hz. Dies führt zu einer recht langsamen Änderung des Stromes in der Sekundärwicklung

18. Insofern spielt also die Induktivität der Sekundärwicklung 18 eine untergeordnete Rolle.

Schwankungen des Stromes in dem Leiter 16 können allerdings durch externe Einflüsse wie Netzurückwirkungen durchaus hochfrequent sein. Da erfindungsgemäß aber in dem Zweig bestehend aus Hall-Element 12, Verstärker 14 und Ausgang 24 keine Induktivität vorhanden ist, können auch hochfrequente Abweichungen vom Sollwert sicher erfasst, verstärkt und am Ausgang 24 bereitgestellt werden. Dementsprechend können auch schnell entsprechende Steuerungs- bzw. Regelungssignale für einen (nicht gezeigten) Wechselrichter aus dem Signal am Ausgang 24 mittels einer Steuerungseinheit 28 abgeleitet werden, um den Istwert dem Sollwert schnellstmöglich anzunähern.

Anders als bei der bekannten Lösung, bei der dem Messwandler ein Komparator nachgeschaltet werden muss, um einen Soll-Ist-Vergleich zu ermöglichen, wird dieser Vergleich bei der erfindungsgemäßen Lösung bereits in dem Messwandler mit vorgenommen. Der Ringkern 10 kann hier zusammen mit dem Hall-Element 12 als Komparator angesehen werden, da das Hall-Element 12 nur noch ein Differenzsignal zwischen Soll- und Ist-Wert liefert.

Es ist natürlich ohne weiteres möglich, das Differenzsignal am Ausgang 24 der erfindungsgemäßen Schaltung entweder als analoges Signal weiterzuverarbeiten oder beispielsweise über einen Schmitt-Trigger in digitale Steuerungssignale für den Wechselrichter umzuwandeln.

Ein Maß für den Absolutwert des in dem Leiter 16 fließenden Stromes wird bei dem erfindungsgemäßen Messwandler erhalten, wenn das Soll-Signal mit dem Ausgangssignal des Verstärkers 14 überlagert wird. Dieses überlagerte Signal wird jedoch nicht in die Sekundärwicklung 18 eingespeist. Diese Überlagerung wird vorzugsweise durch Summenbildung in einer dem Verstärker 14 nachgeschalteten Stufe erfolgen.

Der erfindungsgemäße Messwandler wird bevorzugt bei einer Windenergieanlage zur Messung des Ausgangsstroms des Wechselrichters eingesetzt, wobei bevorzugt für jede Phase des Wechselrichters ein separater Messwandler eingesetzt wird.

Ansprüche

1. Messwandler zur Messung eines einen Leiter durchfließenden Stromes mit einem von einem Ringkern gebildeten Magnetkreis, mit einem von dem Ringkern umschlossenen, von dem zu messenden Strom durchflossenen Leiter, mit einer auf dem Ringkern angeordneten Sekundärwicklung und mit einem in einem Spalt des Ringkerns angeordneten, für das Magnetfeld im Spalt empfindlichen Magnetfeldmesselement, dadurch gekennzeichnet, dass eine Sollvorgabeeinheit vorgesehen ist zur Beaufschlagung der Sekundärwicklung mit einem Sollstrom.
2. Messwandler nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Magnetflussmesselement ein Hall-Element ist.
3. Messwandler nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass dem Ausgang des Magnetflussmesselements ein Verstärker zur Verstärkung des elektrischen Ausgangssignals des Magnetflussmesselements nachgeschaltet ist.
4. Messwandler nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine Steuerungs- oder Regelungseinheit zur Steuerung oder Regelung des den Leiter durchfließenden Stromes vorgesehen ist derart, dass sich der den Leiter durchfließende Strom dem Sollstrom annähert.
5. Messwandler nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zur Bildung des Absolutwerts des zu messenden Stromes dem Magnetflussmesselement Mittel nachgeschaltet sind zur Überlagerung des Sollstromes mit dem Ausgangssignal des Magnetflussmesselements.

6. Steuerungseinheit zur Steuerung oder Regelung eines einen Leiter durchfließenden Stromes mit einem Messwandler nach einem der vorhergehenden Ansprüche zur Messung des den Leiter durchfließenden Stromes.
7. Wechselrichter, insbesondere für eine Windenergieanlage, mit einer Steuerungseinheit nach Anspruch 6 zur Steuerung des Ausgangsstromes des Wechselrichters.
8. Windenergieanlage mit einem Wechselrichter nach Anspruch 7.

Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft einen Messwandler zur Messung eines einen Leiter durchfließenden Stromes mit einem von einem Ringkern gebildeten Magnetkreis, mit einem von dem Ringkern umschlossenen, von dem zu messenden Strom durchflossenen Leiter, mit einer auf dem Ringkern angeordneten Sekundärwicklung und mit einem in einem Spalt des Ringkerns angeordneten, für das Magnetfeld im Spalt empfindlichen Magnetfeldmess-element. Um mit einem solchen Messwandler auch hochfrequente Abweichungen von einem Sollwert sicher erfassen zu können, wird erfindungsgemäß vorgeschlagen, dass eine Sollvorgabeeinheit vorgesehen ist zur Beaufschlagung der Sekundärwicklung mit einem Sollstrom. Der erfindungsgemäße Messwandler wird vorzugsweise zur Messung des Ausgangsstromes eines Wechselrichters für eine Windenergieanlage eingesetzt.

(Figur 2)

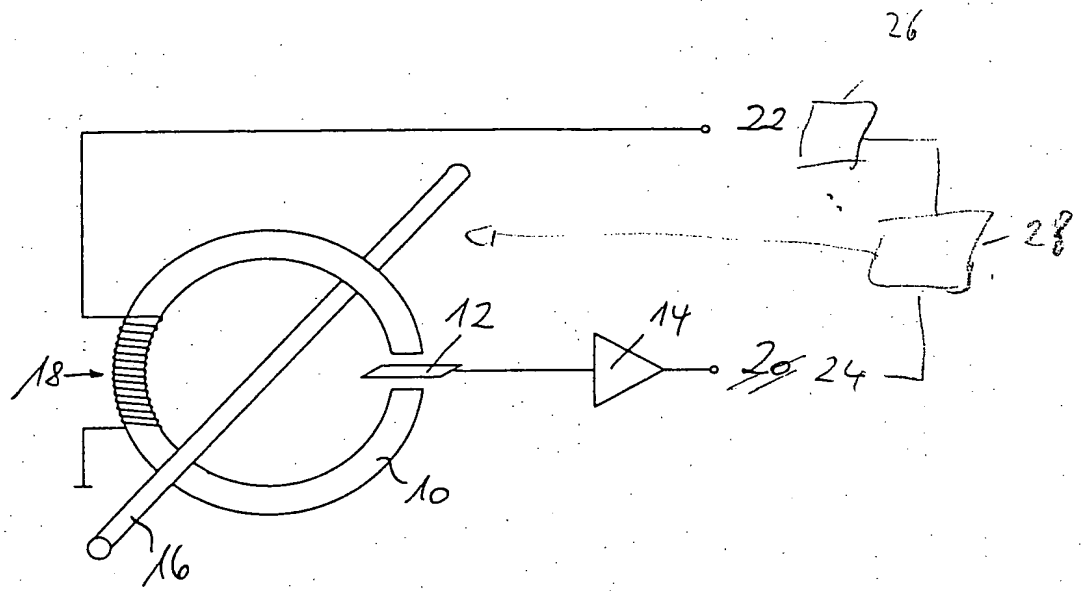


Fig. 1

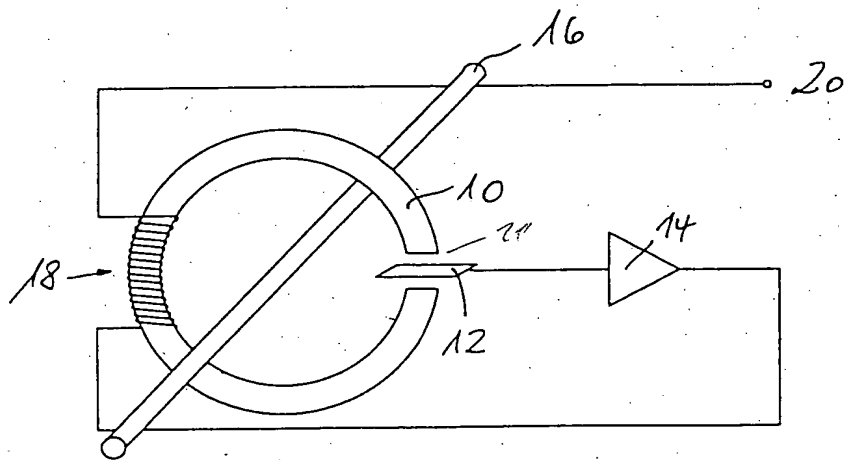


Fig. 2